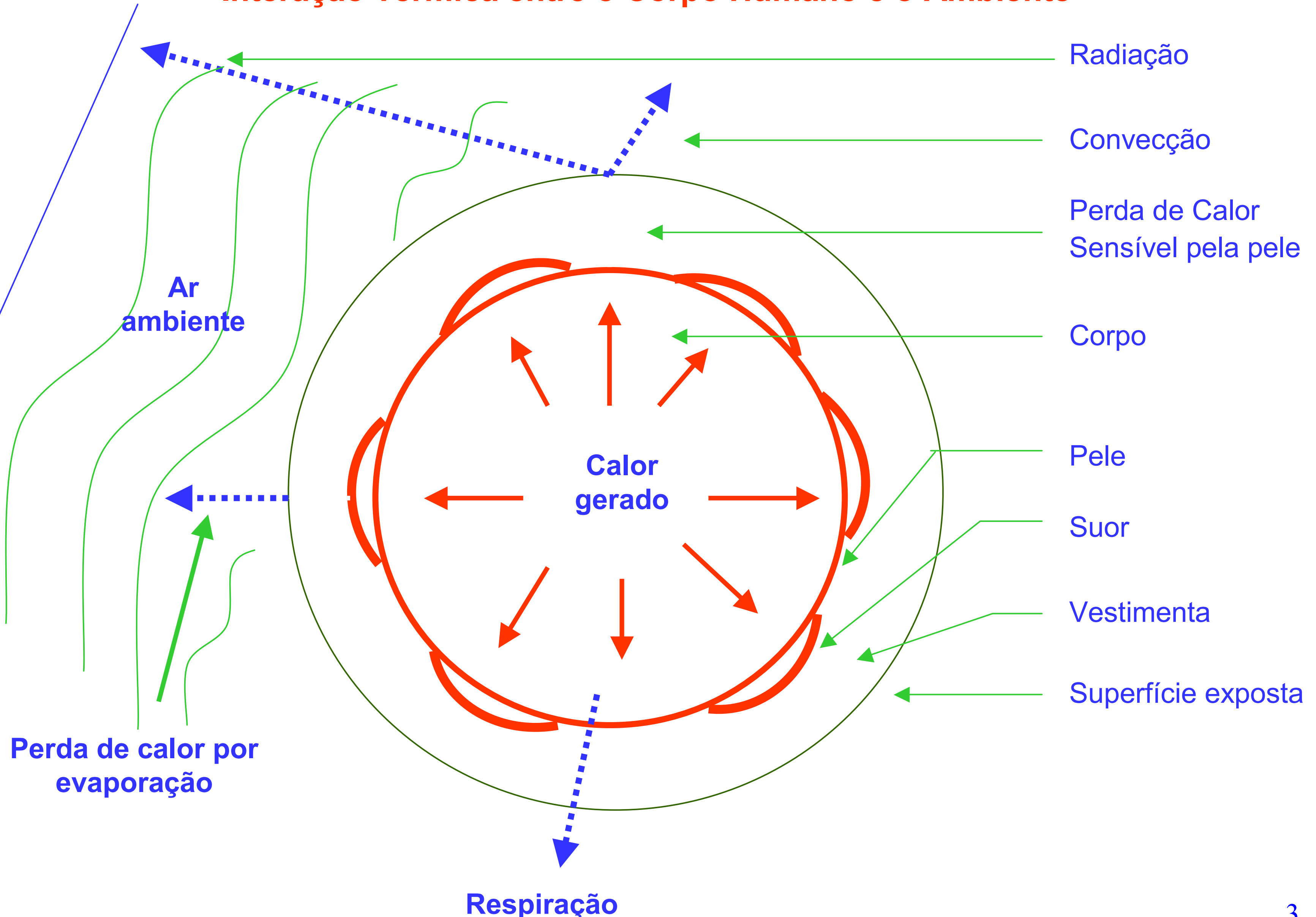
Conforto e Psicrometria

Conforto Humano

- ✔ Acústico;
- ✔ antropométrico;
- ✔ olfativo;
- ✔ tátil;
- ✔ térmico;
- ✔ visual.

Conforto Térmico

Interação Térmica entre o Corpo Humano e o Ambiente



Conforto Térmico

Conforto humano

$$M = E \pm R \pm C + B \pm S$$

M: metabolismo, W;

E: perda por evaporação, W;

R: transferência de calor por radiação, W;

C: transferência de calor por convecção, W;

B: perda de calor por respiração, W;

S: taxa de variação de energia armazenada no corpo, W.

Principais aplicações do Ar Condicionado

- ✓ hospitais;
- ✓ escritórios;
- ✓ indústria de alimentos;
- ✓ armazenamento de flores, bananas...
- ✓ indústria do fumo;
- ✓ plantação de cogumelos.

Psicrometria

***Psicrometria* é o estudo das propriedades do ar, tais como temperatura, umidade e ponto de orvalho.**

Definições

***Carta Psicrométrica*:** é um diagrama que simplifica o estudo das propriedades do ar.

***Temperatura de bulbo seco* (TBS):** temperatura do ar medida com um termômetro comum.

Temperatura de bulbo úmido (TBU): temperatura do ar medida com um termômetro comum, cujo bulbo de vidro foi coberto com uma gaze úmida (resfriamente evaporativo).
A redução da Temperatura de Bulbo Úmido depende do teor de umidade do ar; quanto menor esta última, maior o abaixamento. A diferença entre a TBS e a TBU fornece a Umidade Relativa, através da Carta Psicrométrica.

***Umidade relativa* (%):** razão entre a quantidade de umidade do ar e a quantidade máxima que ele pode conter na mesma temperatura.

***Umidade absoluta*:** é a massa de água contida em 1 kg de ar seco.

***Temperatura de ponto de orvalho*:** é a menor temperatura a que o ar pode ser resfriado, sem que ocorra alguma condensação de vapor de água ou umidade.

Entalpia: quantidade de energia interna em relação a um ponto de referência. A entalpia de uma mistura de ar seco e vapor de água é a soma das entalpias dos componentes.

Calor latente: aplicado ao ar, refere-se às modificações do conteúdo de umidade do mesmo, sem alteração da temperatura.

Na Carta Psicrométrica:

Evaporação: consiste em percorrer uma linha de TBS igual ao acréscimo de umidade do ar.

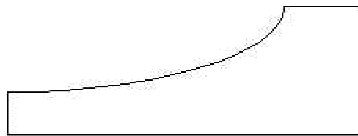
Condensação: é o contrário.

Calor Sensível: é o calor que aumenta a temperatura do ar, sem alterar o conteúdo de umidade do mesmo.

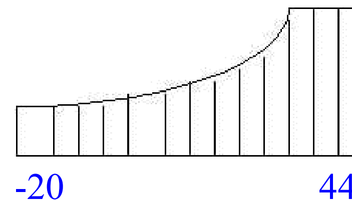
Na Carta Psicrométrica: uma alteração do Calor Sensível é representada por uma linha de Umidade Absoluta constante (horizontal). Ocorrem variações de entalpia e de TBU.

Carta Psicrométrica

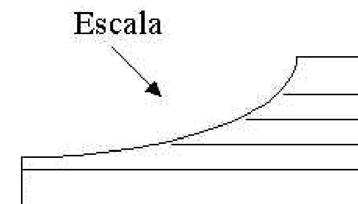
Forma



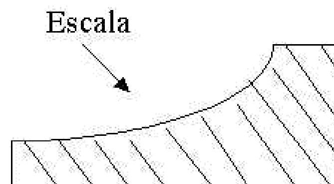
Temperatura de bulbo seco



Temperatura de ponto de orvalho

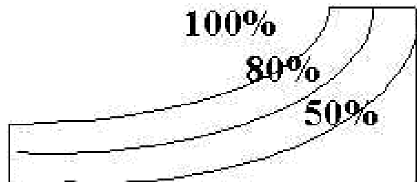


Temperatura de bulbo úmido

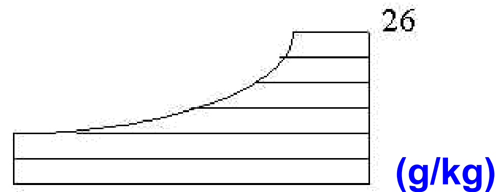


Psicrometria

Umidade relativa

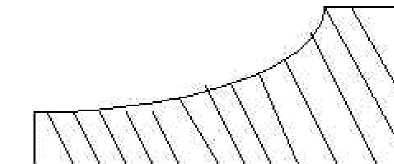


Umidade absoluta



(g/kg)

Volume específico



0,750 **0,900 (m^3/kg)**

Tipos de problemas para resolver com a carta:

1) Dados TBS e TBU ➪ UR

2) Dados TBS e UR ➪ TBU

3) Dados TBU e UR ➪ TBS

4) Dados TBS e TBU ➪ TPO

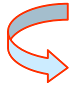
5) Dados TBU e UR ➪ TPO

6) Dados TBS e UR ➪ TPO

7) Dados TBS e TBU ➪ UA (g/kg ar seco ou g/m^3)

Dados: TBS = 25,6ºC e TBU = 18,3º

⇨ UA = 10,3 g/kg



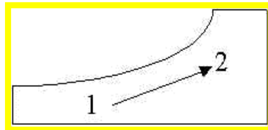
Traçar uma paralela às linhas de volume específico pelo cruzamento (TBS, TBU) ➜ v = 0,860 m³/kg

Fazendo $$UA = \frac{10{,}3g/kg}{0{,}860m^3/kg} = 11{,}9g/m^3$$

Aquecimento no inverno

1) Exterior: TBS = -1,1ºC e UR = 20%

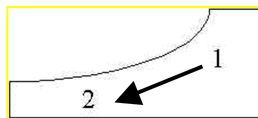
2) Interior (projeto): TBS = 22 a 24ºC e UR = 30 a 35%



Aquecimento: caldeira ou serpentina.

Umidificação: vasilha ou chuveiro.

Resfriamento para verão



1) Exterior: TBS = 29,4ºC e UR = 70%

2) Interior: TBS = 23 a 26ºC e UR = 45 a 50%

A serpentina extrai calor e umidade ao mesmo tempo.

Condensação no inverno:

✔ temperatura da superfície do vidro da janela = -2,0ºC.

✔ temperatura interna = 23ºC.

Achar a **UR** sem que ocorra condensação:

Solução: TPO = -2,0ºC;

cruzamento (TPO, TBS) ⇨ UR = 19%

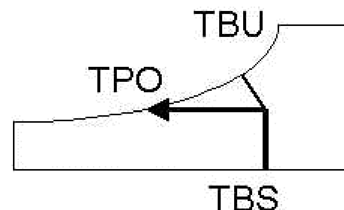
Nestas condições, não haverá condensação. Se UR > 19% ⇨ haverá condensação.

Condensação em duto de AC:

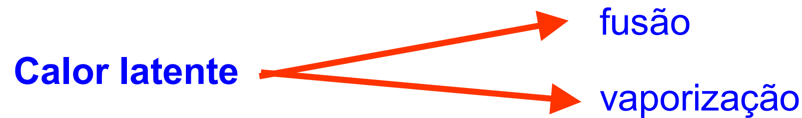
TBS = 23ºC.

TBU = 17,5ºC ⇨ TPO = 15,8ºC.

Se TPO < 15,8ºC ⇨ condensação.



Processos de resfriamento e de aquecimento



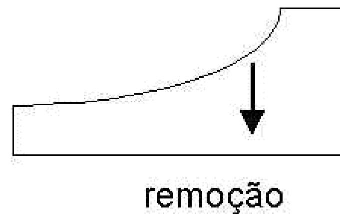
1TR = 55,6 kcal / min @ 3.333 kcal / h

$$3.333\ \frac{\text{kcal}}{\text{h}}\ \text{x}\ 24\text{h} = 80.000\ \text{kcal.}$$

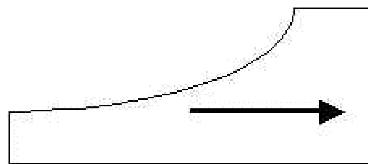
Calor necessário para fundir 1 tonelada de gelo em 24 horas.

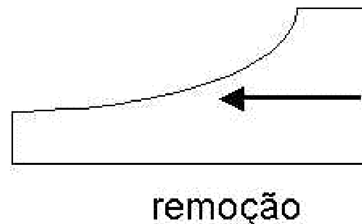
Calor latente aplicado ao ar: mudanças relativas ao seu conteúdo de umidade.





Aquecimento e resfriamento sensível: alteração da temperatura do ar com umidade absoluta constante





Psicrometria

Adição:

TBS: aumenta   TPO: não altera
TBU: aumenta   UR: diminui

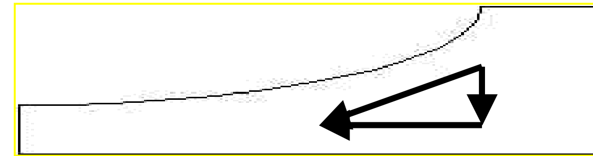
Resfriamento sensível:

TBS: diminui   TPO: não altera
TBU: diminui   UR: aumenta

Aquecimento e umidificação



Resfriamento e desumidificação

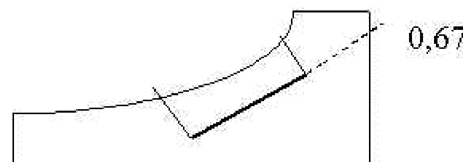


Fator de calor sensível

Exemplo:
Carga térmica de resfriamento = 10 TR

- ✓ **Ar externo (1):** TBS = 26,7ºC   e   TBU = 19,4ºC
- ✓ **Ar condicionado (2):** TBS = 15,6ºC   e   TBU = 14,4ºC

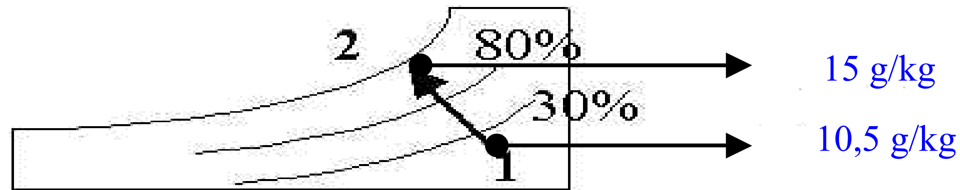
Qual é o fator de calor sensível?



Extrair: *6,3 TRs calor sensível   -   3,7 TRs calor latente*

Resfriamento Evaporativo

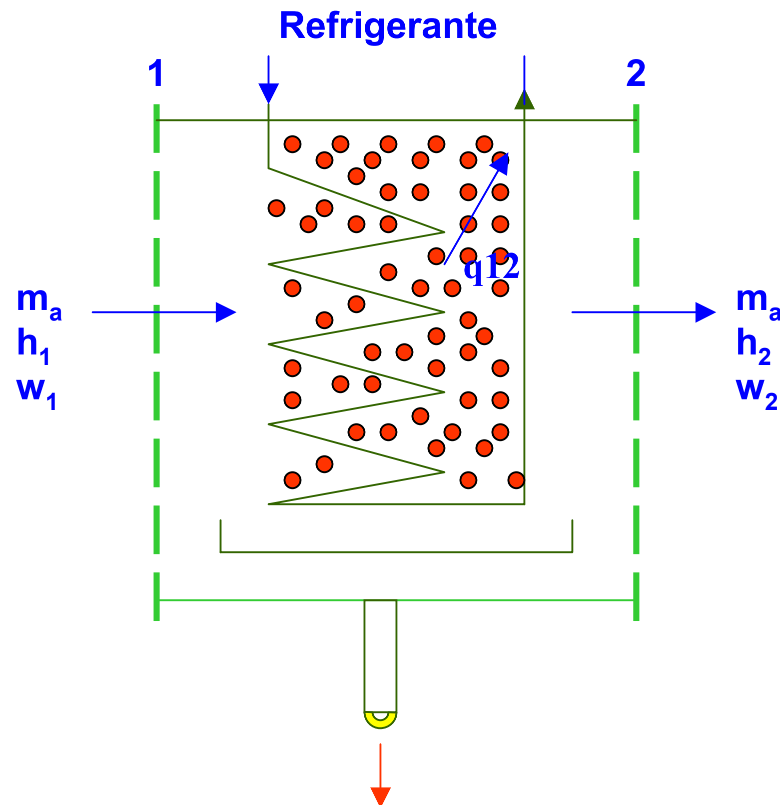
Extrai-se calores sensível e latente. Adiciona-se umidade.



(1) - TBS = 35ºC UR = 30%

(2) - TBS = 24ºC UR = 80%

TBU constante



$m_a h_1 = m_a h_2 + q_{12} + m_w h_{w2}$ ⇒ 1ª Lei da Termodinâmica

$m_a w_1 = m_a w_2 + m_w$ ⇒ Conservação de massa

$\therefore\ m_w = m_a(w_1 - w_2)$

$q_{12} = m_a[(h_1 - h_2) - (w_1 - w_2)h_{W2}]$

Exercício

Ar úmido a TBS de 30ºC e UR = 50% entra em uma serpentina de resfriamento a 5m³/s e é processado até a condição de saturação final a 10ºC. Qual é a capacidade de refrigeração requerida para h_{w2} = 42,01 kJ / kg? (utilizar diagrama psicrométrico).

Resolução:

$$m_{ar} \frac{5m^3/s}{0{,}878m^3/kg} = 5{,}7\, kg/s$$

sendo:

h_{w2}=42,01 kJ/kg e

1kcal=4,1855kJ

h_{w2}=10,04 kcal/kg

sendo:

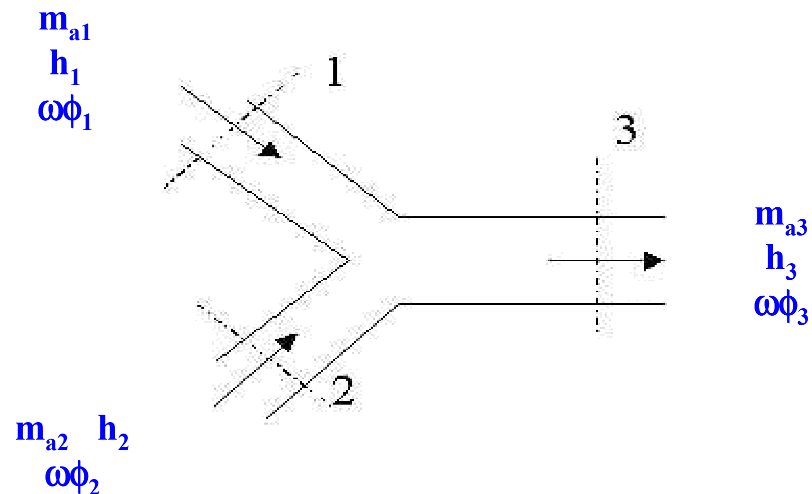
$q_{12}=m_a[(h_1-h_2)-(w_1-w_2)h_{w2}]$

Vem:

q_{12}=5,7[(15,4-7,0)-(0,0135-0,0078)10,04]

q_{12}=47,55 kcal/s = 171.180 kcal/h

Mistura de ar



Exemplo:

Quantidade de ar necessário = 18000 m^3/h

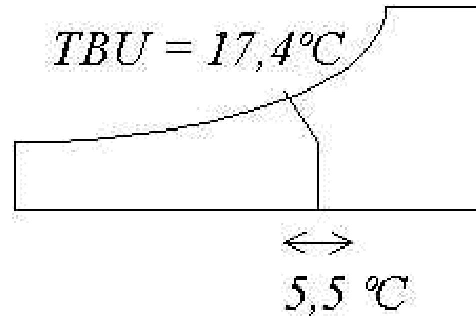
Quantidade de ar de retorno = 16200 m^3/h

Ar de retorno: **(1)** TBS = 26,7ºC
TBU = 16,7ºC

Ar externo **(2)** (Q = 1800 m^3/h):
TBS = 32,2 ºC
TBU = 23,9ºC

Pede-se: **(3)** TBS da mistura
TBU da mistura

Solução:



Método de resolução:

1) Localização das condições (1) e (2)

2) % de Ar de retorno: 16.200 / 18.000 = 0,9 = 90%

3) Δ TBS = 32,2 - 26,7 = 5,5ºC

4) a) TBS da mistura

P * Δ TBS = 0,9 * 5,5 = 4,95 = K (a temperatura da mistura estará mais próxima da do ar de retorno (90%))

b) TBSext - K = 32,2 - 4,95 = 27,2ºC = TBS mistura

c) Com uma linha de bulbo úmido, a partir de TBSmist : TBUmist = 17,4ºC

Entalpia (conteúdo total de calor em kcal/kg)

Exemplo: resfriamento e desumidificação

(1) { TBS inicial = 25,6ºC
TBU inicial = 18,3ºC

(2) { TBS final = 12,8ºC
TBU final = 10,0ºC

Pede-se:

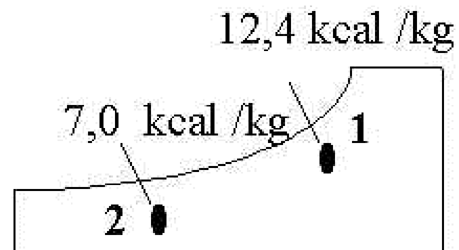
a) calor total extraído

b) calor latente e umidade extraída

c) calor sensível extraído

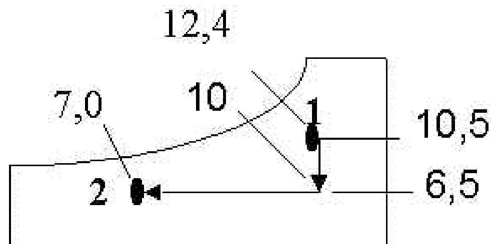
Solução:

***a)** calor total extraído*



Q = 12,4 - 7 = 5,4 kcal / kg

b) *calor latente e umidade extraídos:*



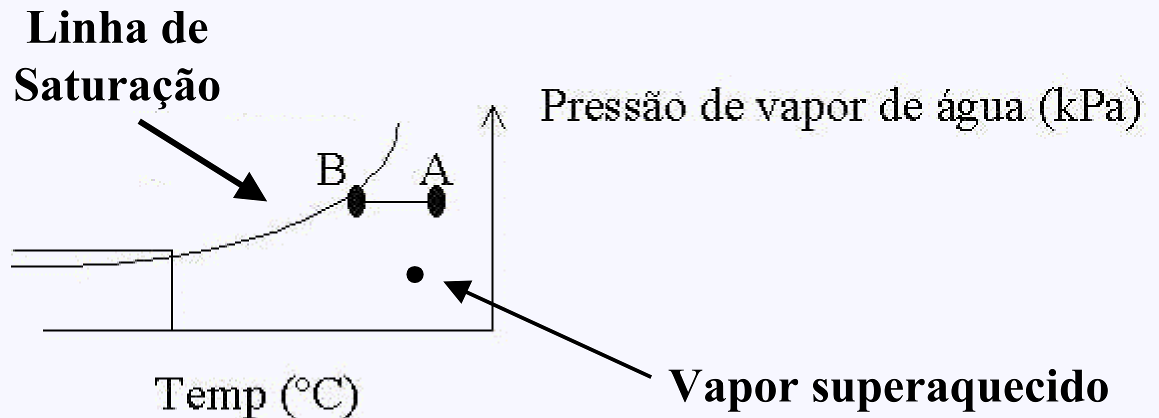
Calor latente = 12,4 - 10,0 = 2,4 kcal /kg ar

Δ umidade = 10,5 - 6,5 = 4 g /kg ar

c) calor sensível = *10,0 - 7,0 = 3,0 kcal /kg ar*

Fator de calor sensível = $\frac{3,0}{5,4}$ *= 0,56*

Psicrometria



Se ocorrer uma queda de temperatura, haverá condensação

- A região à direita da linha de saturação representa vapor superaquecido;
- Se vapor superaquecido for resfriado a pressão constante (que é o caso na carta, pois **p** é a pressão atmosférica), a linha de saturação será atingida tendo início a condensação.